

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) RU (11) 183 839 (13) U1

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ
(51) МПК
H01P 5/16 (2006.01)

(12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

Статус: может прекратить свое действие (последнее изменение статуса: 27.02.2019)

(21)(22) Заявка: 2018100724, 10.01.2018(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
10.01.2018Дата регистрации:
05.10.2018

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 10.01.2018

(45) Опубликовано: 05.10.2018 Бюл. № 28

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: Летавин Д.А. "Миниатюризация микрополосковых СВЧ-устройств". Пояснительная записка ИРИТ.110401.103 ПЗ // Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, 2016 (стр. 54-55). Летавин Д.А. Миниатюрные конструкции микрополосковых мостовых устройств // Известия Самарского научного центра Российской академии наук, том 18, N2(3), 2016 (фиг. 6). Letavin D. A. Usage of lowpass filters for miniaturization of microstrip branch-line hybrid couplers // Advances in Computing, Communications and Informatics (ICACCI), 2016 International Conference on. 21-24 Sept. 2016. US 2002063596 A1, 30.05.2002. RU 2046469 C1, 20.10.1995.

Адрес для переписки:

620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19,
УРФУ, Центр интеллектуальной
собственности, Маркс Т.В.

(72) Автор(ы):

Чечеткин Виктор Алексеевич (RU),
Мительман Юрий Евгеньевич (RU),
Летавин Денис Александрович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

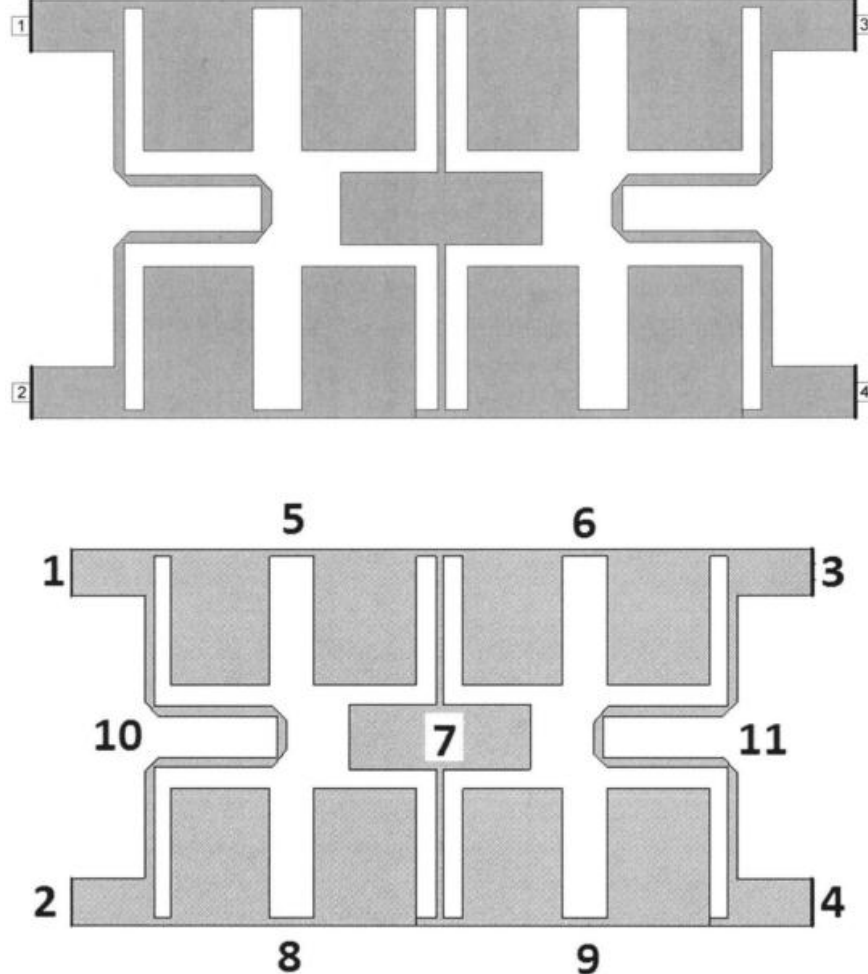
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего
образования "Уральский федеральный
университет имени первого Президента
России Б.Н. Ельцина" (RU)

(54) КОМПАКТНЫЙ ТРЕХШЛЕЙФНЫЙ НАПРАВЛЕННЫЙ ОТВЕТВИТЕЛЬ

(57) Реферат:

Полезная модель относится к радиотехнике, а именно к направленным ответвителям. Компактный трехшлейфный направленный ответвитель содержит четыре входные линии передачи с волновым сопротивлением R_1 , пять фильтров нижних частот, две микрополосковые линии передачи, первый, второй, четвертый, пятый фильтры нижних частот с входными сопротивлениями $R_3=R_1 \cdot k$ и фазой коэффициента передачи 90° на центральной рабочей частоте, третий фильтр нижних частот с входным сопротивлением $R_4 = R_1 \cdot \sqrt{k+1}/2$ и фазой коэффициента передачи 90° на центральной рабочей частоте, первую и вторую четвертьволновые микрополосковые линии передачи с входными сопротивлениями

$R_2 = R_1 / (\sqrt{k+1} - \sqrt{k})$, подключенные друг к другу через тройники, где $k = \sqrt{P_{отв} / P_{вх}}$, k - коэффициент ответвления мощности, $P_{отв}$ - мощность, ответвленная в один из входов, $P_{вх}$ - мощность, подаваемая на вход направленного ответвителя. Фильтры нижних частот имеют несимметричное исполнение за счет внесения внутрь широких линий. Технический результат - уменьшение длин сегментов линий передачи в составе направленного ответвителя. 3 ил.



Фиг. 1

Полезная модель относится к радиотехнике и может быть использована в радиолокации, радионавигации, связи, антенных системах и радиоизмерениях как самостоятельное устройство, а также в качестве функционального узла для построения делителей мощности, фазовращателей, смесителей, модуляторов, дискриминаторов, сумматоров мощности, диаграммообразующих элементов.

В настоящий момент широкую известность получила конструкция квадратурного направленного ответвителя, выполненная в виде двух одинаковых отрезков линии передачи, например, коаксиального кабеля, длиной в $1/8$ длины волны в линии и содержащего две сосредоточенные емкости связи, которые включены на концах отрезков между потенциальными проводниками линий («Устройства сложения и распределения мощностей высокочастотных колебаний.» Под ред. З.И. Моделя. Изд. "Советское радио", М. 1980. С. 86-87, рис. 6.6). Недостатками данного технического решения являются: узкая полоса рабочих частот и большой габаритный размер.

Другая часто используемая конструкция представляет собой квадратурный направленный ответвитель на элементах с сосредоточенными параметрами. Ответвитель представляет собой симметричный восьмиполосник, состоящий из фильтров верхних частот ("Широкополосные устройства СВЧ на элементах с сосредоточенными параметрами" Карпов В.М., Малышев В.А., Перовщиков И.В. - М.: "Радио и связь", 1984. с. 67-72, рис. 5.5). При широкой полосе рабочих частот данный ответвитель содержит большое количество элементов, а, следовательно, имеет большие габаритные размеры, низкую надежность и повторяемость при серийном производстве, высокую стоимость, сложен в изготовлении и настройке.

Известен также микрополосковый трехшлейфный направленный ответвитель, который содержит диэлектрическую подложку, одна поверхность которой металлизирована, а на другой две микрополосковые линии передачи, центральную структуру и симметрично относительно центральной структуры расположенные боковые структуры на расстоянии в четверть длины волны друг от друга, причем

каждая структура выполнена в виде четвертьволнового отрезка линии передачи, соединенного с обеими линиями передачи. (Малорацкий Л.Г. Явич Л.Р. Проектирование и расчет СВЧ элементов на полосковых линиях- М.: Сов. Радио, 1972 - 186 с.). Устройство обеспечивает прохождение сигнала с входа основной линии на выход и ответвление части мощности на второй выход, благодаря структурам, соединяющим линии передачи, и электромагнитной связи между линиями передачи. Фазовый сдвиг напряжений на выходах такого ответвителя составляет 90° . Недостатками указанного микрополоскового направленного ответвителя являются: большие габаритные размеры, особенно на низких частотах, а также паразитные полосы пропускания на соседних частотах.

Наиболее близким к заявленному техническому решению является компактный трехшлейфный мост в микрополосковом исполнении. Конструкция данного моста состоит из четырех входов (где один отвечает за вход, два за выход и оставшийся развязан) и пяти фильтров нижних частот из сегментов высоко- и низкоомных элементов. (Летавин Д.А. «Миниатюризация микрополосковых СВЧ-устройств». Пояснительная записка ИРИТ. 110401.103 ПЗ // Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, 2016 (стр. 54-55)).

Недостатки известной конструкции:

значительная часть площади внутри моста не используется.

Полезная модель направлена на уменьшение габаритных размеров направленных ответвителей.

Техническим результатом, достигаемым при реализации полезной модели, является уменьшение длин сегментов линий передачи в составе трехшлейфного направленного ответвителя.

Технический результат достигается за счет того, что трехшлейфный направленный ответвитель содержит четыре входные линии передачи с волновым сопротивлением R_1 , пять фильтров нижних частот, две микрополосковые линии передачи, первый, второй, четвертый, пятый фильтры нижних частот с входными сопротивлениями $R_3=R_1 \cdot k$ и фазой коэффициента передачи 90° на центральной рабочей частоте, третий фильтр нижних частот с входным сопротивлением $R_4 = R_1 \cdot \sqrt{k+1}/2$ и фазой

коэффициента передачи 90° на центральной рабочей частоте, первую и вторую четвертьволновые микрополосковые линии передачи с входными сопротивлениями $R_2 = R_1 / (\sqrt{k+1} - \sqrt{k})$, подключенные друг к другу через тройники, где

$k = \sqrt{P_{\text{отв}}/P_{\text{вх}}}$, k - коэффициент ответвления мощности, $P_{\text{отв}}$ - мощность,

ответвленная в один из входов, $P_{\text{вх}}$ - мощность, подаваемая на вход направленного ответвителя, где первый вход первого фильтра нижних частот соединен с первым входом устройства и первым входом первого четвертьволнового отрезка линии передачи, второй вход первого фильтра нижних частот соединен с первым входом второго и третьего фильтра нижних частот, второй вход второго фильтра нижних частот соединен с третьим входом устройства и первым входом второго четвертьволнового отрезка линии передачи, второй вход второго четвертьволнового отрезка линии передачи соединен с четвертым входом устройства и первым входом пятого фильтра нижних частот, второй вход пятого фильтра нижних частот соединен со вторым входом третьего и четвертого фильтра нижних частот, второй вход четвертого фильтра нижних частот соединен со вторым входом устройства и вторым входом первого четвертьволнового отрезка линии передачи, при этом фильтры нижних частот имеют несимметричное исполнение за счет внесения внутрь широких линий.

Фильтр нижних частот, имеющий в необходимой полосе частот фазочастотную характеристику, совпадающую с фазочастотной характеристикой линии передачи, обладает меньшей длиной по сравнению с ней. Таким образом, использование фильтров нижних частот вместо отрезков линий передачи позволяет уменьшить габаритные размеры устройства.

Сущность изобретения поясняется фигурами, на которых изображено:

на фиг. 1 - предпочтительный вариант топологии предлагаемого микрополоскового направленного ответвителя с несимметрично выполненными фильтрами нижних частот, реализованного на диэлектрической подложке с относительной диэлектрической проницаемостью равной 4.4 и толщиной 1 мм; вид сверху, где 1, 2, 3, 4 - входы ответвителя, 5, 6, 7, 8, 9 - фильтры нижних частот, 10, 11 - четвертьволновые отрезки линии передачи;

на фиг. 2 - графики зависимости модулей S-параметров от частоты, выраженных в децибелах;

на фиг. 3 - график частотной зависимости разности фаз между связанным и основным выходами ответвителя.

Микрополосковый направленный ответвитель имеет четыре 50-омных входных линии передачи, состоит из пяти фильтров нижних частот в микрополосковом исполнении и двух микрополосковых линий, подключенных друг к другу, с помощью тройников между входами 1 и 2, 1 и 3, 3 и 4, 2 и 4.

Микрополосковый направленный ответвитель работает следующим образом.

Поступающая на вход 1 мощность высокочастотного сигнала (например, с рабочей частотой 2 ГГц) по фильтрам нижних частот частично поступает в плечо 2, частично (благодаря соединяющим изогнутым линиям передачи в виде меандра и фильтру нижних частот) ответвляется в плечо 4. В качестве дополнительного преимущества предлагаемый ответвитель не имеет паразитных полос пропускания на частотах, кратных центральной частоте рабочего диапазона. Применение фильтров нижних частот вместо отрезков линии передачи позволяет осуществить эффективную миниатюризацию конструкции. Благодаря несимметричной реализации фильтров нижних частот (внесению внутрь широких линий) дополнительно уменьшаются габаритные размеры устройства.

Для ответвителя, который делит мощность поровну между двумя выходами: $P_{\text{ТВ}}=0,5$ Вт, $P_{\text{ВХ}}=1$ Вт, тогда $k = \sqrt{P_{\text{отв}}/P_{\text{вх}}} = \sqrt{0,5/1} \approx 0,707$, для стандартного

волнового сопротивления $R_1=50$ Ом входные сопротивления будут равны

$$R_2 = R_1 / (\sqrt{k+1} - \sqrt{k}) = 50 / (\sqrt{0,707+1} - \sqrt{0,707}) \approx 110 \text{ Ом}$$

$$R_3 = R_1 \cdot k = 50 \cdot 0,707 = 35,35 \text{ Ом и } R_4 = R_1 \cdot \sqrt{k+1}/2 = 50 \cdot \sqrt{0,707+1}/2 \approx 33 \text{ Ом.}$$

В качестве дополнительного преимущества предлагаемый ответвитель не имеет паразитных полос пропускания на частотах, кратных центральной частоте рабочего диапазона. Применение фильтров нижних частот вместо отрезков линии передачи позволяет осуществить эффективную миниатюризацию конструкции. Благодаря несимметричной реализации фильтров нижних частот (внесению внутрь широких линий) дополнительно уменьшаются габаритные размеры устройства.

Для подтверждения реализуемости выбранного технического решения, был изготовлен опытный образец полезной модели микрополоскового направленного ответвителя со следующими техническими характеристиками:

коэффициент стоячей волны по напряжению (КСВН) входов ответвителя не более 1,2;

амплитудный разбаланс между основным и связанным каналами ответвителя не превышает 0,7 дБ, в соответствии с данными на фиг. 2;

разность фаз между основным и связанным каналами отличается от 90° не более чем на $\pm 3^\circ$, что показано на фиг. 3.

Площадь компактного ответвителя составляет 370,45 мм², что на 66% меньше площади, занимаемой стандартной конструкцией ответвителя.

Формула полезной модели

Компактный трехшлейфный направленный ответвитель, содержащий четыре входные линии передачи с волновым сопротивлением R_1 , пять фильтров нижних частот, две микрополосковые линии передачи, первый, второй, четвертый, пятый фильтры нижних частот с входными сопротивлениями $R_3=R_1 \cdot k$ и фазой коэффициента передачи 90° на центральной рабочей частоте, третий фильтр нижних частот с входным сопротивлением

$$R_4 = R_1 \cdot \sqrt{k+1}/2 \text{ и фазой коэффициента передачи } 90^\circ \text{ на}$$

центральной рабочей частоте, первую и вторую четвертьволновые микрополосковые линии передачи с входными сопротивлениями

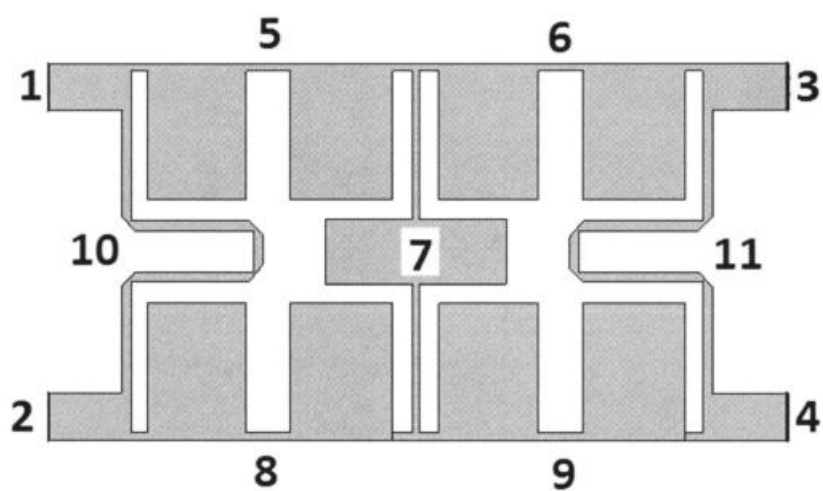
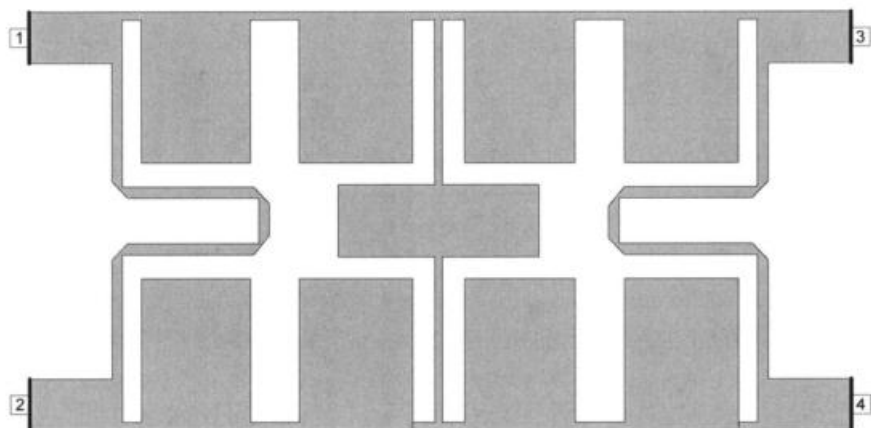
$$R_2 = R_1 / (\sqrt{k+1} - \sqrt{k}),$$

подключенные друг к другу через тройники, где $k = \sqrt{P_{\text{отв}}/P_{\text{вх}}}$, k - коэффициент

ответвления мощности, $P_{\text{отв}}$ - мощность, ответвленная в один из входов, $P_{\text{вх}}$ - мощность, подаваемая на вход направленного ответвителя, где первый вход первого фильтра нижних частот соединен с первым входом устройства и первым входом первого четвертьволнового отрезка линии передачи, второй вход первого фильтра нижних частот соединен с первым входом второго и третьего фильтра нижних частот, второй вход второго фильтра нижних частот соединен с третьим входом устройства и первым входом второго четвертьволнового отрезка линии передачи, второй вход второго четвертьволнового отрезка линии передачи соединен с четвертым входом устройства и первым входом пятого фильтра нижних частот, второй вход пятого фильтра нижних частот соединен со вторым входом третьего и четвертого фильтра нижних частот, второй вход четвертого фильтра нижних частот соединен со вторым входом устройства и вторым входом первого четвертьволнового отрезка линии передачи, отличающийся тем, что фильтры нижних частот имеют несимметричное исполнение за счет внесения внутрь широких линий.

1

КОМПАКТНЫЙ ТРЕХШЛЕЙФНЫЙ НАПРАВЛЕННЫЙ ОТВЕТВИТЕЛЬ

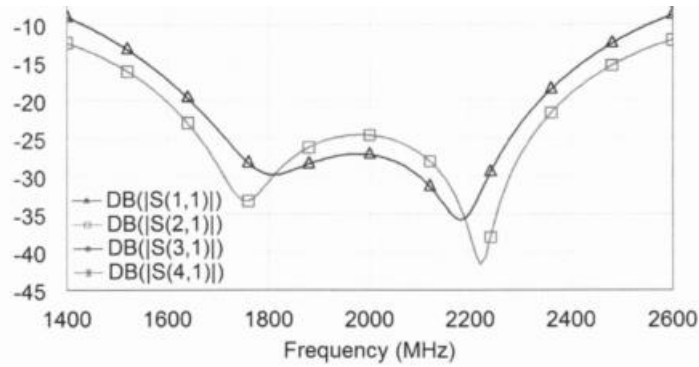


Фиг. 1

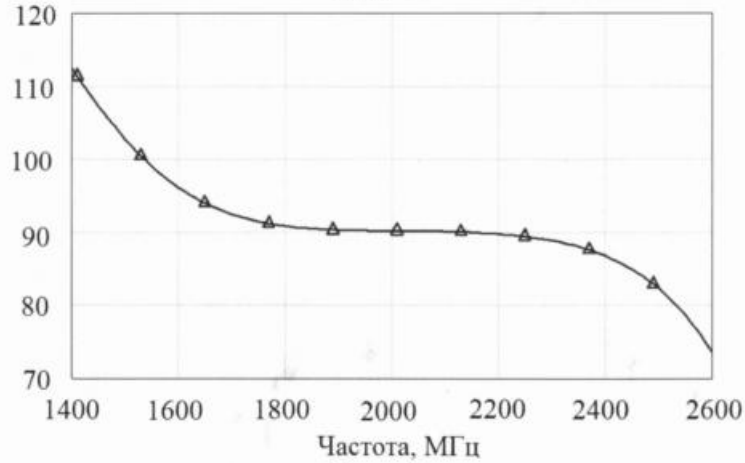
2

КОМПАКТНЫЙ ТРЕХШЛЕЙФНЫЙ НАПРАВЛЕННЫЙ ОТВЕТВИТЕЛЬ





Фиг. 2



Фиг. 3